

**SEMICONDUCTOR LASER DEVICE AND OPTICAL DISC DEVICE
USING THE SAME**

Patent Number: JP2003133644
Publication date: 2003-05-09
Inventor(s): OBAYASHI TAKESHI; FUJISHIRO YOSHIE
Applicant(s): SHARP CORP
Requested Patent: ☐ JP2003133644
Application Number: JP20010332271 20011030
Priority Number(s):
IPC Classification: H01S5/223; G11B7/125; H01S5/343
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor laser device which enables high-power and stable single horizontal mode lasing.

SOLUTION: The semiconductor laser device comprises an Al-free multiple quantum well active layer 105 and a p-Al_{0.5}Ga_{0.5}As upper second clad layer 109 of the ridge stripe geometry formed on a p-GaAs etching stop layer 108, both of which are formed on an n-GaAs substrate 101. Since the upper second clad layer 109 has a shape widening toward the active layer 105, the light density in the side faces of the ridge is relatively small at the high-power light emission and thereby the deterioration due to the light density of the upper second land layer 109 can be prevented. Consequently, a semiconductor laser device enabling single horizontal mode lasing which is suitable as a light source for an optical disc device can be obtained.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-133644

(P2003-133644A)

(43) 公開日 平成15年5月9日 (2003.5.9)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
H 0 1 S 5/223		H 0 1 S 5/223	5 D 1 1 9
G 1 1 B 7/125		G 1 1 B 7/125	A 5 D 7 8 9
H 0 1 S 5/343		H 0 1 S 5/343	5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2001-332271(P2001-332271)

(22) 出願日 平成13年10月30日 (2001. 10. 30)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 大林 健

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 藤城 芳江

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74) 代理人 100062144

弁理士 青山 葆 (外1名)

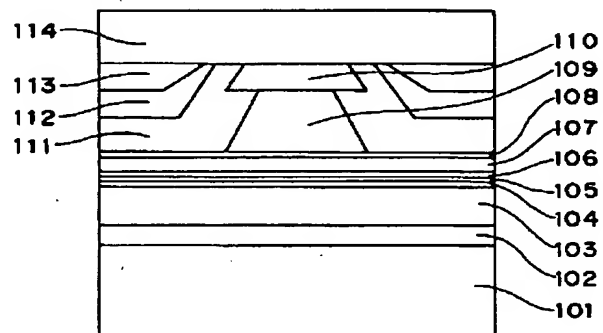
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置とそれを用いた光ディスク装置

(57) 【要約】

【課題】 高出力で安定してシングル横モード発振がで
きる半導体レーザ装置を提供すること。

【解決手段】 n-GaAs基板101上に、Alフリー
の多重量子井戸活性層105と、p-GaAsエッチ
ングストップ層108上に形成されたリッジストライプ
形状のp-Al_{0.5}Ga_{0.5}As上部第2クラッド
層109を備える。上部第2クラッド層109は、活性
層105に向かって末広りの形状をなすので、高出力発
光してもリッジ部側面での光密度が比較的小さいから、
上部第2クラッド層109の光密度による劣化を回避で
きて、光ディスク装置の光源に好適なシングル横モード
発光の半導体レーザ装置が得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に、

第1導電型の下部クラッド層と、

Alを含まない材料からなり井戸層とバリア層とで構成される活性層と、

Alを含む材料からなりストライプ状のリッジ部を有し、このリッジ部が断面において上記活性層に向って末広りの形状を有する第2導電型の上部クラッド層と、上記第2導電型の上部クラッド層のリッジ部の幅方向両側に設けられ、Alを含む材料からなる第1導電型の電流ブロック層とを順次積層してなることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】 請求項1に記載の半導体レーザ装置において、

上記第2導電型の上部クラッド層のリッジ部は、断面において、輪郭が上記活性層に向って末広りの曲線をなしていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項3】 請求項1または2に記載の半導体レーザ装置において、

上記第2導電型の上部クラッド層のリッジ部は、幅方向の寸法が5 μ m以下であり、発光波長が760nmよりも大きく900nmよりも小さいことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項4】 請求項1乃至3のいずれか1つに記載の半導体レーザ装置において、

上記基板はGaAsからなり、

上記活性層はInGaAsP系材料からなり、

上記第2クラッド層は $Al_xGa_{1-x}As$ ($x > 0.45$) からなり、上記電流ブロック層は $Al_yGa_{1-y}As$ ($y > x$) からなることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項5】 請求項1乃至4のいずれか1つに記載の半導体レーザ装置において、

第2導電型のエッチングストップ層を備え、

上記第2導電型の上部クラッド層は、上記エッチングストップ層によって、上記活性層に近い側の上部第1クラッド層と、上記活性層から遠い側であって上記ストライプ状のリッジ部を構成する上部第2クラッド層とに隔てられていることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項6】 請求項5に記載の半導体レーザ装置において、

上記エッチングストップ層はGaAsからなることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項7】 請求項1乃至6のいずれか1つに記載の半導体レーザ装置において、

上記第1導電型の下部クラッド層は、上記基板に近い部分の屈折率が、上記活性層に近い部分の屈折率よりも大きいことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項8】 請求項1乃至7のいずれか1つに記載の半導体レーザ装置において、

発光波長が760nmよりも大きく800nmよりも小さいことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項9】 請求項1乃至8のいずれか1つの半導体レーザ装置を用いた光ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体レーザ装置とそれを用いた光ディスク装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、760nmより大きく900nmより小さい発振波長を有し、AlGaAs (アルミニウム・ガリウム・ヒ素) 系の活性層を有する半導体レーザ装置は、CD (コンパクトディスク) やMD (ミニディスク) などの光ディスク用のピックアップの発光素子として、あるいは、他の用途における光源として、数多く用いられている。このような従来の半導体レーザ装置としては、n-GaAs基板上に、n-AlGaAsクラッド層、AlGaAs活性層、p-AlGaAsクラッド層、p-GaAsコンタクト層を順次積層したものが一般的である。しかし、上記従来の半導体レーザ装置は、高出力で動作すると、活性層にAlを含むので、瞬时光学損傷 (COD: Catastrophic Optical Damage) の発生や、素子寿命の短縮などの信頼性に関する問題が生じていた。この問題は、Alが非常に酸化されやすいので、上記Alを含む活性層において、へき開形成された共振器端面でAlの酸化による非発光再結合準位が多数形成されることに起因する。したがって、半導体レーザ装置の性能を安定にするため、活性層およびその周辺の層をAlフリー化する改良が試みられている。

【0003】 そのような半導体レーザ装置として、図7(a) に示すような半導体レーザ装置が提案されている (特開平11-220224号公報)。この半導体レーザ装置は、n-GaAs基板301上に、n-GaAsバッファ層302と、n-AlGaAs下部クラッド層303と、またはi-InGaAsP下部光ガイド層304と、1層のInGaAsP井戸層と2層の引張歪InGaAsP障壁層とを交互に積層してなる単一量子井戸活性層305と、pまたはi-InGaAsP上部光ガイド層306と、p-AlGaAs上部第1クラッド層307と、p-InGaPエッチングストップ層308と、p-AlGaAs上部第2クラッド層309と、p-GaAsコンタクト層310とを、順次積層している。上記p-AlGaAs上部第2クラッド層309は、ストライプ状のリッジ形状に形成されていて、上記p-InGaPエッチングストップ層308上に幅方向略中央に位置するように設けられている。上記リッジストライプ形状の上部第2クラッド層309は、幅方向両側の側面が、基板301の面方位に対して垂直に形成されている。この上部第2クラッド層309の幅方向両側には絶縁膜322が配置されていて、この絶縁膜32

2は、上記上部第2クラッド層309の幅方向両側のエッチングストップ層308表面も覆っている。上記上部第2クラッド層309と絶縁膜332とで、主に上部第2クラッド層309の直下にのみ電流を導く電流狭窄機能を奏するようになっている。この半導体レーザ装置の発振波長は800nmである。

【0004】この半導体レーザ装置は、Alが含まれない材料を活性層に用いることによって、Alの酸化によるへき開端面の劣化を防いで、CODレベルを改善させている。さらに、電流狭窄を行うために絶縁膜を用いることにより、半導体の積層プロセスを少なくして、半導体レーザ装置の製造コストを低減している。

【0005】また、特開平11-220224号公報には、図7(b)に示すような半導体レーザ装置が開示されている。図7(b)の半導体レーザ装置において、図7(a)の半導体レーザ装置と同一の機能を有する部分には同一の参照番号を付している。図7(b)の半導体レーザ装置は、基板301と垂直をなす側面を有してリッジストライプ形状の上部第2クラッド層309の幅方向両側に、絶縁膜に代えてAlGaInP電流ブロック層311を設けている。

【0006】図8(a)、(b)は、従来の他の半導体レーザ装置を示す図である(特開2000-114654号公報)。図8(a)の半導体レーザ装置では、リッジストライプ形状の上部第2クラッド層309が活性層305側に向って末広がりの形状をなして、上部第2クラッド層309の幅方向両側面は、この上部第2クラッド層309の底面に対して鋭角をなしている。上記上部第2クラッド層309の幅方向両側面には絶縁膜322が設けられている。図8(b)の半導体レーザ装置では、リッジストライプ形状の上部第2クラッド層309が、活性層305側に向って狭まった形状をなして、この上部第2クラッド層309の両側面は底面に対して鈍角をなしている。上記上部第2クラッド層309の幅方向両側には、AlGaInP電流ブロック層311が埋め込まれている。

【0007】図8(a)、(b)の半導体レーザ装置は、いずれも、活性層305にAlフリーの材料を用いることによって、安定した性能を得るようにしている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の半導体レーザ装置は、光ディスク装置の光源として用いる場合、シングル横モードでレーザ発振するために、上記上部第2クラッド層309のリッジ部の幅を5μmよりも小さく形成する必要がある。この場合、半導体レーザ装置の出力が増大すると、上記幅の寸法が小さく形成されたリッジ部の光密度が格段に増大する。ここで、Alを含む上記AlGaAs上部第2クラッド層309で形成されたリッジ部の側面は、通常、このリッジ部の形成時に大気に曝されるため酸化され易く、結晶性

が悪い。したがって、上記リッジ部の側面は、高い光密度の光に曝されると非発光再結合によって欠陥が生じて、その結果、半導体レーザ装置の性能が劣化するという問題がある。実際に、上記従来の半導体レーザ装置と同様の構造を有し、発光波長が760nmよりも大きく900nmよりも小さい半導体レーザ装置において、100mW以上の出力で長期に亘ってシングル横モード発振が安定して得られるものはなかった。

【0009】そこで、本発明の目的は、高出力で安定してシングル横モード発振ができる半導体レーザ装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の半導体レーザ装置は、基板上に、第1導電型の下部クラッド層と、Alを含まない材料からなり井戸層とバリア層とで構成される活性層と、Alを含む材料からなりストライプ状のリッジ部を有し、このリッジ部が断面において上記活性層に向って末広がりの形状を有する第2導電型の上部クラッド層と、上記第2導電型の上部クラッド層のリッジ部の幅方向両側に設けられ、Alを含む材料からなる第1導電型の電流ブロック層とを順次積層してなることを特徴としている。

【0011】上記実施形態によれば、上記半導体レーザ装置が動作すると、上記Alを含まない材料からなり井戸層とバリア層とで構成される活性層に発光領域が形成され、この発光領域でレーザ光が得られる。このとき、上記第2導電型の上部クラッド層において、特に、上記リッジ部の上記活性層側部分が上記発光領域からの光に曝される。上記第2導電型の上部クラッド層は比較的酸化し易いAlを含み、リッジ部の形成時に大気に曝されて酸化され易くてリッジ部側面の結晶性が悪くなり易く、このリッジ部側面は高密度の光に曝されて非発光再結合による欠陥が生じ易い。しかしながら、上記リッジ部は活性層に向って末広がりの形状を有するので、上記発光領域からの光に曝されても光密度が比較的小さくなる。したがって、上記リッジ部の側面は、非発光再結合などによって欠陥が生じることが防止され、その結果、この半導体レーザ装置の性能が安定する。

【0012】また、上記第2導電型の上部クラッド層のリッジ部の幅方向両側に設けられてAlを含む材料からなる第1導電型の電流ブロック層について、この電流ブロック層が形成される際、上記リッジ部の両側面と、上記リッジ部の両側の平坦面とに、上記電流ブロック層を構成する結晶が成長される。このとき、上記リッジ部は活性層に向って末広がりの形状を有するので、上記リッジ部の側面と上記平坦面とがなす角度は鈍角であるから、上記リッジ部の両側面に成長される結晶と、上記平坦面に成長される結晶との間には欠陥が生じ難い。したがって、上記電流ブロック層はAlを含んだ材料からなり、高出力時に結晶の欠陥に起因する劣化が比較的生じ

易いにも拘らず、上記半導体レーザ装置の動作時に、上記活性層の発光領域からの光によって電流ブロック層が劣化することが殆ど無い。

【0013】したがって、本発明の半導体レーザ装置は、安定して高出力発光が可能になり、良好な信頼性が得られる。

【0014】1実施形態の半導体レーザ装置は、上記第2導電型の上部クラッド層のリッジ部は、断面において、輪郭が上記活性層に向って末広りの曲線をなしている。

【0015】上記実施形態によれば、上記上部クラッド層のリッジ部は、断面における輪郭が、上記活性層に向って末広りの曲線をなすので、上記発光領域からの光の光密度が効果的に小さくなり、また、上記電流ブロック層が少ない欠陥で形成される。したがって、上記半導体レーザ装置は、高出力発光時の上記上部クラッド層のリッジ部および電流ブロック層の劣化が防止されて、良好な信頼性が得られる。

【0016】1実施形態の半導体レーザ装置は、上記第2導電型の上部クラッド層のリッジ部は、幅方向の寸法が $5\mu\text{m}$ 以下であり、発光波長が 760nm よりも大きく 900nm よりも小さい。

【0017】上記実施形態によれば、上記半導体レーザ装置は、上記リッジ部の幅方向の寸法が $5\mu\text{m}$ 以下でシングル横モード発振が可能であり、幅方向の寸法が比較的小さいリッジ部では光密度が比較的大きくて高出力時の劣化が生じ易いにもかかわらず、活性層に向って幅広の形状を有するので安定した性能を有する。ここにおいて、動作時の発光波長が 760nm 以下であると、光エネルギーが過大となって上記リッジ部側面での非発光再結合が多くなり、半導体レーザ装置の劣化が生じてしまう。また、動作時の発光波長が 900nm 以上であると、光エネルギーが小さいので、他の半導体レーザ装置であっても劣化は殆ど生じない。したがって、発光波長が 760nm よりも大きく 900nm よりも小さい場合に、安定して高出力発光が可能な半導体レーザ装置が得られる。

【0018】1実施形態の半導体レーザ装置は、上記基板はGaAsからなり、上記活性層はInGaAsP系材料からなり、上記第2クラッド層は $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($x>0.45$) からなり、上記電流ブロック層は $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ ($y>x$) からなる。

【0019】上記実施形態によれば、上記半導体レーザ装置は、GaAsからなる基板を備え、InGaAsP系材料からなる活性層を有して高出力であり、かつ、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($x>0.45$) からなる上記第2クラッド層と、 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ ($y>x$) からなる上記電流ブロック層との劣化が効果的に防止されて、安定した性能を有する。

【0020】1実施形態に記載の半導体レーザ装置は、

第2導電型のエッチングストップ層を備え、上記第2導電型の上部クラッド層は、上記エッチングストップ層によって、上記活性層に近い側の上部第1クラッド層と、上記活性層から遠い側であって上記ストライプ状のリッジ部を構成する上部第2クラッド層とに隔てられている。

【0021】上記実施形態によれば、上記上部クラッド層は、上記エッチングストップ層によって、上部第1クラッド層の厚みが所定の厚みに良好な制御性で得られ、また、上部第2クラッド層の形状が、動作時の光密度を比較的小さくできる所定のリッジ形状に、良好な制御性で形成される。

【0022】1実施形態の半導体レーザ装置は、上記エッチングストップ層はGaAsからなる。

【0023】上記実施形態によれば、上記エッチングストップ層は、GaAsからなり、上記第2クラッド層のリッジ部を形成する際に例えば酸化などの劣化が生じにくいので、エッチングストップ層の酸化物に起因する電流ブロック層の欠陥などが回避されて、安定した性能の半導体レーザ装置が得られる。

【0024】1実施形態の半導体レーザ装置は、上記第1導電型の下部クラッド層は、上記基板に近い部分の屈折率が、上記活性層に近い部分の屈折率よりも大きい。

【0025】上記実施形態によれば、上記基板に近い部分の屈折率が、上記活性層に近い部分の屈折率よりも大きい第1導電型の下部クラッド層によって、上記活性層の発光領域が基板側に移動するので、上記活性層に関して基板の反対側に位置する上部クラッド層のリッジ部では、上記発光領域からの光の光密度が減少する。したがって、上記上部クラッド層のリッジ部の劣化が回避されるので、安定して高出力発光が可能な半導体レーザ装置が得られる。

【0026】1実施形態の半導体レーザ装置は、発光波長が 760nm よりも大きく 800nm よりも小さい。

【0027】上記実施形態によれば、発光波長が 760nm よりも大きく 800nm よりも小さい半導体レーザ装置において、例えば 120mW 以上の大出力においても長時間に亘って安定して発光が可能になる。

【0028】1実施形態の光ディスク装置は、上記半導体レーザ装置を用いる。

【0029】上記実施形態によれば、シングル横モードで高出力発光が可能であり、かつ、高信頼の半導体レーザ装置を用いることによって、高速読み出しおよび書き込みが可能な高信頼の光ディスク装置が得られる。

【0030】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図示の実施形態により詳細に説明する。

【0031】(第1実施形態) 図1は、第1実施形態の半導体レーザ装置を示す図であり、図2は上記半導体レーザ装置の製造方法を示す工程図である。

【0032】本実施形態の半導体レーザ装置は、図1に示すように、(100)面を有するn-GaAs基板101上に、n-GaAsバッファ層102(0.5 μ m厚)と、n-Al_{0.5}Ga_{0.5}As下部クラッド層103(1.7 μ m厚)と、i-Al_{0.3}Ga_{0.7}As下部光ガイド層104(35nm厚)と、多重量子井戸活性層105と、i-Al_{0.3}Ga_{0.7}As上部光ガイド層106(35nm厚)と、p-Al_{0.5}Ga_{0.5}As上部第1クラッド層107(0.20 μ m厚)と、p-GaAsエッチングストップ層108(3nm厚)と、p-Al_{0.5}Ga_{0.5}As上部第2クラッド層109(1.2 μ m厚)と、p-GaAsコンタクト層110(0.7 μ m厚)とが、順に積層されてなる。上記エッチングストップ層108上に形成された上部第2クラッド層109は、ストライプ状のリッジ形状に形成されていて、リッジ部として機能する。

【0033】上記多重量子井戸活性層105は、2層の0.28%圧縮歪In_{0.25}Ga_{0.75}As 0.57P_{0.43}井戸層(6nm厚)と、3層の1.2%引張り歪GaAs_{0.66}P_{0.34}障壁層(3層のうちの基板側から第1、第3番目の障壁層は7.5nm厚であり、第2番目の障壁層は7nm厚)とからなり、上記InGaAsP井戸層とGaAsP障壁層とが交互に積層されている。この多重量子井戸活性層105における発振波長は780nmである。

【0034】上記リッジ形状の上部第2クラッド層109は、上記多重量子井戸活性層105に向かって末広がり形状を有し、厚み方向に約2 μ m、幅方向に約2.5 μ mの寸法を有する。上記リッジ形状の上部第2クラッド層109の両側には、n-Al_{0.7}Ga_{0.3}As第1電流ブロック層111(0.6 μ m厚)、n-GaAs第2電流ブロック層112(0.6 μ m厚)、p-GaAs埋め込み層113(0.7 μ m厚)が積層されている。この第1電流ブロック層111、第2電流ブロック層112、埋め込み層113によって、リッジ部の概略直下だけにのみ電流を導く電流狭窄構造を構成している。第1電流ブロック層111は、上部第2クラッド層109よりもAl組成比を高くすることによって屈折率を低くして、上記上部第2クラッド層109への光閉じ込め効果を奏するようにしている。さらに、上記リッジ部109、第1電流ブロック層111、第2電流ブロック層112、および埋め込み層113の上面に、p-GaAsキャップ層114(2.0 μ m厚)を積層している。

【0035】図2を用いて、上記半導体レーザ装置の製造方法を説明する。

【0036】まず、n-基板101上に、n-バッファ層102、n-クラッド層103、i-下部光ガイド層104、2層の井戸層と3層の障壁層とからなる量子井戸活性層105、i-上部光ガイド層106、p-上部

第1クラッド層107、p-エッチングストップ層108、p-上部第2クラッド層109、p-コンタクト層110を、有機金属気相成長法(MOCVD法)によって順次積層する。上記活性層105周辺を成長する際の雰囲気温度は650℃である。そして、p-コンタクト層110上にストライプ状のレジストマスク121を形成する(図2(a))。レジストマスクの方向は(1-10)方向である。その後、レジストマスク121直下以外の部分のp-コンタクト層110と、p-上部第2クラッド層109とをウェットエッチングによって除去する。これによって、上記上部第2クラッド層109を、厚み方向が約2 μ m、幅方向が最も大きい部分で約2.5 μ mの寸法に形成して、ストライプ状のリッジ形状に形成する。上記ウェットエッチングは、硫酸と過酸化水素水の混合水溶液を用いたエッチングと、フッ酸(フッ化水素酸)を用いたエッチングとの二段階で行い、上記リッジ部の幅方向両側に、p-GaAsエッチングストップ層108の表面を露出させる。すなわち、まず、硫酸と過酸化水素水の混合水溶液を用いて、上部第2クラッド層の109の厚み方向の途中までエッチングを行う(図2(b))。次に、フッ酸を用いて、上部第2クラッド層をエッチングストップ層に至るまで厚み方向にエッチングを行って、上記上部第2クラッド層109をリッジストライプ形状にする(図2(c))。このとき、上部第2クラッド層109は活性層105に向かって末広がりの形状になり、上記上部第2クラッド層109の側面は断面が略直線になる。この面は(111)A面である。通常、AlGaAs系材料は、ウェットエッチングによって、(111)A面が得られる。

【0037】次に、MOCVD法を用いて、上記上部第2クラッド層109であるリッジ部の幅方向両側に、n-第1電流ブロック層111、n-第2電流ブロック層112、およびp-埋め込み層113を順次積層する。このとき、上記リッジ部の上面にも、これらの層が凸状に形成される。この凸状の部分以外を覆うようにレジストマスクを形成し、上記リッジ部上のn-第1電流ブロック層111、n-第2電流ブロック層112、p-埋め込み層113の凸状部分を形成する部分をエッチングで除去する。その後、上記レジストマスクを除去し、MOCVD法を用いて、p-コンタクト層110、n-第1電流ブロック層111、n-第2電流ブロック層112、およびp-埋め込み層113の上側全面を覆うようにp-キャップ層114を形成して、図1の構造を得る。最後に、上記p-キャップ層114上面と、基板101下面とに図示しない電極を各々配置し、ウェハのへき開と、へき開面の鏡面形成の工程を経て、共振器長が800 μ mの埋め込みリッジ型半導体レーザ装置が得られる。

【0038】本実施形態の半導体レーザ装置は、Alフリーの材料によって、井戸層/バリア層を有する多重量

子井戸活性層105を形成したので、安定して高出力発光が可能である。ここにおいて、半導体レーザ装置を高出力で発光する際、低出力では問題が無かったAlGaAsからなる上部第2クラッド層および電流ブロック層が劣化する問題が生じる。この上部第2クラッド層および電流ブロック層の劣化の程度は、上部第2クラッド層の形状に応じて変わることが判明した。そこで、本実施形態の半導体レーザ装置では、上部第2クラッド層109を、活性層105に向って末広がりの形状にすることによって、上記上部第2クラッド層109および第1電流ブロック層111の劣化を回避している。実際に上記構造の半導体レーザ装置を製造して発光動作させて実験を行った結果、発振波長が780nmで140mW以上の高出力発光が安定して得られることが確認された。

【0039】上記上部第2クラッド層および電流ブロック層の劣化の程度が、上記第2クラッド層の形状に応じて変化する理由を、以下に説明する。

【0040】まず、リッジストライプ構造の半導体レーザ装置においては、リッジ部を形成する際にウェハが大気に曝される。したがって、本実施形態では、酸化しやすいAlを全く含まないGaAsエッチングストップ層を用いることによって、その上に形成する電流ブロック層111の成長時に界面が清浄になるようにしている。しかし、900nm未満の発振波長のレーザにおいては、キャリアの活性層への閉じ込めを十分に行うために、Alの組成比が0.45を超えるAlGaAsを用いて上部クラッド層を形成するので、上記リッジ部形成の際にリッジ部側面でAlの酸化が発生しやすい。したがって、上記リッジ部側面には、Alの酸化に起因する欠陥が発生しやすくなっている。ここで、上記リッジ部側面の活性層に近い部分では、活性層からの光に曝され易い。この活性層からの光の光密度が高いと、上記リッジ部を構成するクラッド層や電流ブロック層が、非発光再結合によって劣化してしまう。したがって、本実施形態では、リッジ部の形状を、活性層からの光の光密度が劣化を誘発しないように最適化することによって、半導体レーザ装置の性能を安定にしている。

【0041】図6は、リッジ部の形状に対応する光の分布を示した模式図である。図6(a)は、リッジ部10の側面が活性層15に向って狭まる形状を有する場合であり、図6(b)はリッジ部20の側面が活性層25の幅方向に対して垂直をなす場合であり、図6(c)はリッジ部30が活性層35に向って末広がりの形状をなす場合を示している。本実施形態では、図6(c)に示すように、リッジ部30よりも屈折率が低い電流ブロック層38が、上記リッジ部30に、活性層35の発光領域37に向って覆い被さるように配置されている。これによって、発光領域37からの光が、矢印Aで示す方向に押さえ込まれて、リッジ部30側面の特に活性層35に近い部分における光密度が小さくなる。その結果、リッ

ジ部30側面の活性層35に近い部分の非発光再結合の発生が抑制される。一方、従来の図6(a)に示す構造では、図6(c)とは逆に、電流ブロック層が、活性層15から遠ざかる方向に向ってこの電流ブロック層よりも屈折率が高いリッジ部10を覆うように配置されている。これによって、矢印Bに示す方向、すなわち発光領域17からの光の出射方向と略同じ方向に光が集められるので、特に、光が通過する幅が狭まるリッジ部の活性層15に近い部分において、光密度が過大になってしまう。図6(b)では、リッジ部20の活性層25側の部分において、発光領域27からの光の光密度は、図6(a)における程度には過大にならないが、図6(c)よりは大きくなって、リッジ部20側面などで非発光再結合が生じてしまう。

【0042】また、本実施形態では、上記上部第2クラッド層109が活性層105に向って末広がりの形状を有することによって、さらに、以下に示す効果が得られる。

【0043】すなわち、図1に示すようなエッチングストップ層107上に、上部第2クラッド層109によってリッジ部を形成すると、上記上部第2クラッド層109の側面とエッチングストップ層107の上面とが鈍角をなす。このエッチングストップ層107上かつ上部第2クラッド層109の幅方向両側に、MOCVD法で電流ブロック層111を成長する際、上記エッチングストップ層107表面と、上部第2クラッド層109の側面とで、異なる方向に向って結晶成長が生じる。したがって、上記上部第2クラッド層109の側面とエッチングストップ層107の上面とが近接する位置において、上記エッチングストップ層107表面上に成長する結晶と、上部第2クラッド層109の側面に成長する結晶とがぶつかり合う。ここで、本実施形態では、上記上部第2クラッド層109の側面とエッチングストップ層107の上面とが鈍角をなすので、上記エッチングストップ層107表面の結晶と、上部第2クラッド層109の側面の結晶とがぶつかっても、結晶欠陥が殆ど生じないで電流ブロック層111が形成される。一方、図8(b)の従来の半導体レーザ装置のように、上記エッチングストップ層308上面と上部第2クラッド層309側面とが鋭角をなす場合、結晶成長時に上記エッチングストップ層308表面の結晶と、上部第2クラッド層309の側面の結晶とがぶつかって結晶欠陥が生じ、結晶欠陥を有する電流ブロック層311が形成されてしまう。ここで、電流ブロック層311は、上部第2クラッド層309よりもAl組成が高い層であるので、電流ブロック層311の形成時などに混入した不純物単位を形成する酸素と上記結晶欠陥とによって、高出力動作時の大きな光密度の下で半導体レーザ装置の性能が劣化してしまう。

【0044】したがって、本実施形態では、上部第2クラッド層109の形状を活性層105に向って末広がり

にして、上記上部第2クラッド層109の側面とエッチングストップ層107の上面とがなす角度を鈍角にすることによって、電流ブロック層111の結晶欠陥が少なくなるようにしている。これによって、電流ブロック層111が、比較的高い光密度の下においても劣化することがなくて、長期に亘って安定した性能の半導体レーザ装置が得られる。

【0045】従来のAlGaAs系の半導体レーザ装置において、図6(a)、(b)、(c)に示すようなリッジストライプ構造が用いられていたが、リッジ部形状に起因する光密度の分布や電流ブロック層の結晶欠陥については考慮されていなかった。なぜなら、上記従来のAlGaAs系の半導体レーザ装置は出力が小さいので、リッジ部や電流ブロック層での劣化は、活性層での劣化に比べて遥かに程度が小さいから、問題にはならなかったからである。また、980nm帯などの長波長で発振する半導体レーザ装置では、レーザ光のエネルギーが小さいので、非発光再結合単位による光吸収は少なくて問題にはならなかったからである。つまり、発光波長が900nm以上で低出力の半導体レーザ装置では、リッジ部の構造は、成長方法やプロセス方法などの製造の観点のみに基づいて決定されていて、発光性能への影響は考慮されていなかった。本発明者は、900nm未満の発光波長で発振する半導体レーザ装置において、例えばPなどのAl系以外の材料を用いることによって高出力発光に耐える活性層を備える場合、リッジ部形状が半導体レーザ装置性能に大きな影響を及ぼすことを見出し、これに基づいて、良好な性能が得られるリッジ部の構造を解明するに至った。

【0046】なお、本実施形態では、リッジ部109の側面に形成した電流ブロック層111は、半導体によって構成している。この電流ブロック層を誘電体で形成すると、高出力での動作時に、他の半導体層との熱膨張係数の違いによる歪のために、レーザ内部に欠陥が発生して劣化してしまう。また、エッチングストップ層108はGaAsで形成していて、InGaPなどのPを含む材料は用いていない。これは、エッチングストップ層にPを含んだ材料を用いると、AlGaAsを成長して電流ブロック層を形成する際、このAlGaAsの成長温度である700～750℃程度の温度によってエッチングストップ層からのPの脱離が発生して、エッチングストップ層に大量の欠陥が発生してしまうからである。また、上記半導体レーザ装置は、リッジ部109の幅方向の寸法を5μm以下にして、シングル横モードで発振可能にしている。

【0047】また、リッジ部109側面や電流ブロック層111内の結晶欠陥による非発光再結合単位への光吸収は、発振波長が短い光、すなわち、エネルギーが大きい光を出射する半導体レーザ装置において顕著である。したがって、本発明によれば、シングル横モードでの高

出力発光が可能であって、発振波長が760nmより大きく800nmより小さい光ディスク装置の光源に好適な半導体レーザ装置について、性能の劣化が少ない高信頼の半導体レーザ装置が得られる。

【0048】(第2実施形態)図3は、第2実施形態の半導体レーザ装置を示す図である。本実施形態の半導体レーザ装置は、(100)面を有するn-GaAs基板201上に、n-GaAsバッファ層202(0.5μm厚)と、n-Al_{0.47}Ga_{0.53}As下部第2クラッド層203b(2.3μm厚)と、n-Al_{0.5}Ga_{0.5}As下部第1クラッド層203a(0.2μm厚)と、i-Al_{0.35}Ga_{0.65}As下部光ガイド層204(55nm厚)と、多重量子井戸活性層205と、i-Al_{0.35}Ga_{0.65}As上部光ガイド層206(55nm厚)と、p-Al_{0.5}Ga_{0.5}As上部第1クラッド層207(0.20μm厚)と、p-GaAsエッチングストップ層208(3nm厚)と、p-Al_{0.5}Ga_{0.5}As上部第2クラッド層209(1.2μm厚)と、p-GaAsコンタクト層210(0.7μm厚)とが、順次積層されている上記多重量子井戸活性層205は、2層の0.35%圧縮歪In_{0.27}Ga_{0.73}As_{0.55}P_{0.45}井戸層(8nm厚)と、3層の1.45%引張り歪In_{0.09}Ga_{0.91}As_{0.41}P_{0.59}障壁層(3層のうち基板側から第1、第3番目の障壁層の層厚10nm、第2番目は5nm厚)とからなり、上記井戸層と障壁層とは交互に積層されている。

【0049】上記エッチングストップ層208上に配置された上部第2クラッド層209は、ストライプ状のリッジ形状をなしている。この上部第2クラッド層209によって構成されたリッジ部は、厚み方向が約2μm、幅方向が約2.5μmの寸法を有する。この上部第2クラッド層209下端のエッチングストップ層208に接する部分が、上記2.5μmの幅方向寸法を有している。上記リッジ部の幅方向両側には、n-Al_{0.7}Ga_{0.3}As第1電流ブロック層211(0.6μm厚)、n-GaAs第2電流ブロック層212(0.6μm厚)、p-GaAs埋め込み層213(0.7μm厚)が埋め込まれていて、この構造によって、略リッジ部直下にのみに電流を導く電流狭窄作用を奏するようになっている。上記第1電流ブロック層211は、上記上部第2クラッド層209への光の閉じ込めのため、この上部第2クラッド層209よりも小さい屈折率をなすように、クラッド層209の構成材料よりもAl組成比が大きい材料で構成している。上記p-GaAsコンタクト層210、第1電流ブロック層211、第2電流ブロック層212、および埋め込み層213上には、p-GaAsキャップ層214(2.0μm厚)が積層されている。上記上部第2クラッド層209の側面は、活性層

205に向かって末広りの曲線に形成されている。この半導体レーザ装置は、発振波長が780nmである。

【0050】図4は、上記半導体レーザ装置の製造方法を示した工程図である。

【0051】まず、図4(a)に示すように、n-基板201上に、順に、n-バッファ層202、n-下部第2クラッド層203b、n-下部第1クラッド層203a、i-下部光ガイド層204、2層の井戸層と3層の障壁層からなる量子井戸活性層205、i-上部光ガイド層206、p-上部第1クラッド層207、p-エッチングストップ層208、p-上部第2クラッド層209、p-コンタクト層210とを、有機金属気相成長法(MOCVD法)によって積層する。上記量子井戸活性層205周辺を成長する際の雰囲気温度は650℃にしている。そして、p-コンタクト層210上に、ストライプ状のレジストマスク221を形成する(図4

(a))。このレジストマスク221は(110)方向に向けて形成する。その後、レジストマスク221直下以外の部分のp-コンタクト層210と、p-上部第2クラッド層209とをウェットエッチング法で除去して、上記上部第2クラッド層209の厚み方向の寸法を約2μmに、幅方向の寸法を最も大きい部分で約2.5μmにしてリッジ部を形成する。この際のエッチングは、硫酸と過酸化水素水の混合水溶液によるエッチングと、フッ酸を用いたエッチングとの二段階に分けて実行する。すなわち、まず、硫酸と過酸化水素水の混合水溶液を用いて、上記上部第2クラッド層の209の厚み方向の途中までをエッチング除去する(図4(b))。ウェットエッチングでは、基板の面方位の影響を受けない場合は、エッチングは曲面状に進む傾向を有する。上記ストライプ状のレジストマスクの方向が(110)であることから、図4(b)の段階において活性層に向かって末広りの形状をなす上部第2クラッド層209の側面は、(111)B面に近い面方位を有する。上記上部第2クラッド層209を構成するAlGaAsにおける(111)B面は、エッチングで生成し難い面であるので、この上部第2クラッド層209の側面は、ウェットエッチングの特性をそのまま反映する。すなわち、上部第2クラッド層209の側面は、断面において活性層205に向かって末広りの曲線をなす。上記ストライプ状のレジストマスクの方向が(1-10)である場合、第2クラッド層の側面は、エッチングによって生成され易い面である(111)A面が生成されて、第1実施形態のような直線断面になる。次に、フッ酸を用いて上部第2クラッド層209を、エッチングストップ層208に至るまで厚み方向にエッチングを行って、リッジ部を形成する(図4(c))。この時も、上部第2クラッド層209の側面は、エッチングで生成され難い(111)B面であるので、エッチングの特性が反映されて、断面が活性層205に向かって末広りの曲面なす。

【0052】続いてMOCVD法を用いて、上部第2クラッド層209の両側に、n-第1電流ブロック層211、n-第2電流ブロック層212、p-埋め込み層213を順次積層する。このとき、リッジ部の上にも、これらの層が形成されて凸形状をなす。この凸形状の部分以外を覆うようにレジストマスクを形成し、上記リジストライプ上のn-第1電流ブロック層211、n-第2電流ブロック層212、p-埋め込み層213で形成された凸形状部分を、エッチングで除去する。その後、上記レジストマスクを除去し、MOCVD法を用いてp-キャップ層214を全面に積層して、図3に示す構造が得られる。最後に、p-キャップ層214上面と基板201下面に各々電極を形成し、ウェハのへき開と、このへき開面への鏡面形成工程を経て、共振器長800μmの埋め込みリジストライプ型半導体レーザ装置が得られる。

【0053】本実施形態では、第1実施形態と同様に、リッジ部の幅方向両側面を、断面において活性層205に向って末広りの曲線に形成している。リッジ部の側面を活性層に向って広げると、リッジ部の頂部は相対的に狭くなるので、素子抵抗の上昇が発生する。そこで、リッジ部の側面を断面曲線にすることによって、側面が断面直線であるよりも、電流ブロック層211のリッジ部が幅方向中央に多く食い込むようにして、光の活性層205への押さえ込み作用を大きくすると共に、リッジ部の頂部を比較的幅広にすることができる。また第1実施形態と比較して、電流ブロック層211の成長時に、エッチングストップ層208上での結晶成長方向と、リッジ部側面での結晶成長方向とを近づけることができるので、さらに結晶欠陥の発生を抑制することができる。これによって、電流ブロック層211の光密度による劣化がさらに回避できて、高出力下で十分な長期信頼性を有する半導体レーザ装置にできる。

【0054】さらに、本実施形態では、下部クラッド層を、n-下部第2クラッド層203bとn-下部第1クラッド層203aとの2層で構成して、基板201側の下部第2クラッド層203bの屈折率を、活性層205側の下部第1クラッド層203aの屈折率よりも高くしている。図6(d)は、本実施形態のリッジ部周囲における光の分布を示す模式図である。図6(d)に示すように、活性層45より遠い側の下部第2クラッド層43bの屈折率を、活性層45に近い側の下部第1クラッド層43aの屈折率よりも高くすることによって、矢印Cで示すように発光領域を基板側に寄せることができ、これによって、相対的にリッジ部40側面での光密度をさらに下げることができる。したがって、この半導体レーザ装置は、高出力動作時の信頼性がさらに向上できる。

【0055】第1実施形態において、1層の下部クラッド層103の屈折率を高くすると、第2実施形態と同様に、発光領域を基板101側に寄せることが可能である。

が、発光領域からの光が基板101側に広がり、活性層105への光閉じ込め機能が低下して、閾値電流が悪化してしまう。本実施形態では、下部光ガイド層204、上部光ガイド層206の層厚を第1実施形態よりも厚くすることによって、活性層205の光閉じ込め係数を維持すると共に、発光領域を基板201側に移動させている。

【0056】本実施形態の半導体レーザ装置によって、発振波長が780nmで、シングル横モードで160mW以上の高出力発光が得られた。

【0057】(第3実施形態)図5は、本発明の第3実施形態の光ディスク装置を示す図である。この光ディスク装置は、光ディスク401にデータを書き込んだり、光ディスク401に書き込まれたデータを読み出すものであり、このデータの書き込みおよび読み出しに用いる光源として、第1実施形態の半導体レーザ装置と同様の構造を有する半導体レーザ装置402を用いている。

【0058】本実施形態の光ディスク装置では、光ディスクへのデータの書き込みの際、半導体レーザ装置402から出射されてデータを含む信号光が、コリメートレンズ403によって平行光にされ、ビームスプリッタ404を透過して $\lambda/4$ 偏光板405で偏光状態が調節された後、対物レンズ406で集光されて、光ディスク401に照射される。光ディスクの読み出しの際には、上記半導体レーザ装置402からデータを含まない光が、上記書き込み時と同じ経路をたどって光ディスク401に照射される。この照射されたレーザ光が、データが記録された光ディスク401の表面で反射され、レーザ光照射用対物レンズ406、 $\lambda/4$ 波長板405を経た後、ビームスプリッタ404で反射されて、反射後の進行方向が反射前の進行方向から90°をなすように変更されて、再生光用対物レンズ407で集光され、信号検出用受光素子408に入射する。この信号検出用受光素子408内に入射したレーザ光の強弱に対応して、レーザ光による信号が電気信号に変換されて、信号光再生回路409で元の信号に再生される。

【0059】本実施形態の光ディスク装置は、従来よりも高い光出力で動作する半導体レーザ装置402を備えるので、ディスク401の回転数を従来よりも高速化してもデータの読み書きが可能となった。従って、特にCD-R/RW(書き込み可能/書き換え可能なコンパクトディスク)などへの書き込み時に問題となっていたディスクへのアクセス時間の長さが、従来よりも格段に短くできて、より快適な操作性を有する光ディスク装置が実現できる。

【0060】本実施形態の光ディスク装置では、第1実施形態と同様の半導体レーザ装置402を用いたが、第2実施形態と同様の半導体レーザ装置を用いてもよく、また、半導体レーザ装置は、780nm帯の発光波長に限られず他の発光波長を有してもよい。

【0061】また、本発明の半導体レーザ装置を用いて、CDに限らず、例えばDVD(デジタル多用途ディスク)などの他の光ディスクへの書き込みおよび読み出し機能を有する装置を構成してもよい。

【0062】また、上記光ディスク装置は、光ディスクへの書き込み機能、あるいは光ディスクからの読み出し機能のいずれか一方の機能のみを有してもよい。

【0063】また、上記実施形態において、半導体レーザ装置の活性層は、InGaAsP以外のGaAsP、InGaAs、およびInGaPなどを用いてもよい。

【0064】

【発明の効果】以上より明らかなように、本発明の半導体レーザ装置によれば、第1導電型の下部クラッド層と、A1を含まない材料からなり井戸層とバリア層とで構成される活性層と、A1を含む材料からなりストライプ状のリッジ部を有し、このリッジ部が断面において上記活性層に向って末広りの形状を有する第2導電型の上部クラッド層と、上記第2導電型の上部クラッド層のリッジ部の幅方向両側に設けられ、A1を含む材料からなる第1導電型の電流ブロック層とを順次積層してなり、上記A1を含む第2導電型の上部クラッド層はリッジ部形成時に大気に曝されて側面が酸化し易くて結晶性が比較的悪く、したがって光密度の高い光に曝されると非発光再結合によって欠陥が生じ易いにも拘らず、リッジ部が活性層に向って末広りの形状を有するので、このリッジ部側面における上記発光領域からの光の光密度が比較的小さくなるから、非発光再結合などによる欠陥が生じることが防止できる。また、上記リッジ部は活性層に向って末広りの形状を有するので、上記リッジ部の側面と、上記リッジ部の幅方向両側の平坦面とがなす角度が鈍角であるから、上記電流ブロック層を結晶成長によって形成する際、上記リッジ部側面に成長する結晶と上記平坦面に成長する結晶との間に生じる結晶欠陥の生成が回避できて、殆ど欠陥のない電流ブロック層が形成できる。したがって、その結果、高出力発光が可能で良好な信頼性を有する半導体レーザ装置が得られる。

【0065】1実施形態の半導体レーザ装置によれば、上記第2導電型の上部クラッド層のリッジ部は、断面において、上記活性層に近い部分の輪郭が、上記活性層に向って末広りの曲線をなしているのので、上記上部クラッド層のリッジ部の側面における光密度を効果的に小さくでき、また、上記電流ブロック層を少ない欠陥で形成できる。

【0066】1実施形態の半導体レーザ装置によれば、上記第2導電型の上部クラッド層のリッジ部は、幅方向の寸法が5 μ m以下であり、発光波長が760nmよりも大きく900nmよりも小さいので、シングル横モード発振が可能で比較的大きいエネルギーの光を出力するにも拘らず、リッジ部が活性層に向って末広りの形状を有することによって、劣化が少なく安定した性能にでき

る。

【0067】1実施形態の半導体レーザ装置によれば、上記基板はGaAsからなり、上記活性層はInGaAsP系材料からなり、上記第2クラッド層は $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($x>0.45$) からなり、上記電流ブロック層は $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ ($y>x$) からなるので、InGaAsP系材料からなる活性層を有して高出力であるにも拘らず、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($x>0.45$) からなる上記第2クラッド層と、 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$ ($y>x$) からなる上記電流ブロック層との劣化を効果的に防止できて、安定した性能にできる。

【0068】1実施形態に記載の半導体レーザ装置によれば、第2導電型のエッチングストップ層を備え、上記第2導電型の上部クラッド層は、上記エッチングストップ層によって、上記活性層に近い側の上部第1クラッド層と、上記活性層から遠い側であって上記ストライプ状のリッジ部を構成する上部第2クラッド層とに隔てられているので、上部第1クラッド層の厚みを良好な制御性で所定の厚みに形成でき、また、上記上部第2クラッド層の形状を、良好な制御性で、動作時の光密度が比較的小さい形状にできる。

【0069】1実施形態の半導体レーザ装置によれば、上記エッチングストップ層はGaAsからなるので、上記第2クラッド層のリッジ部を形成する際に例えば酸化などの劣化を効果的に防止できて、安定した性能の半導体レーザ装置にできる。

【0070】1実施形態の半導体レーザ装置によれば、上記第1導電型の下部クラッド層は、上記基板に近い部分の屈折率が、上記活性層に近い部分の屈折率よりも大きいので、上記活性層の発光領域を基板側に移動することができて、上記上部クラッド層のリッジ部における光密度を減少して劣化が回避できるので、高出力発光が可能で高信頼の半導体レーザ装置にできる。

【0071】1実施形態の半導体レーザ装置によれば、発光波長が760nmよりも大きく800nmよりも小さいので、例えば140mW以上の大出力においても長時間に亘って安定して発光可能な半導体レーザ装置にできる。

【0072】1実施形態の光ディスク装置によれば、上記半導体レーザ装置を用いるので、高速読み出しおよび書き込みが可能な高信頼の光ディスク装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 第1実施形態の半導体レーザ装置を示す図である。

【図2】 図2(a)、(b)、(c)は、第1実施形態の半導体レーザ装置の製造方法を示す工程図である。

【図3】 第2実施形態の半導体レーザ装置を示す図である。

【図4】 図4(a)、(b)、(c)は、第2実施形態の半導体レーザ装置の製造方法を示す工程図である。

【図5】 第3実施形態の光ディスク装置を示す図である。

【図6】 図6(a)、(b)、(c)、(d)は、リッジ部の形状に対応する光の分布を示した模式図である。

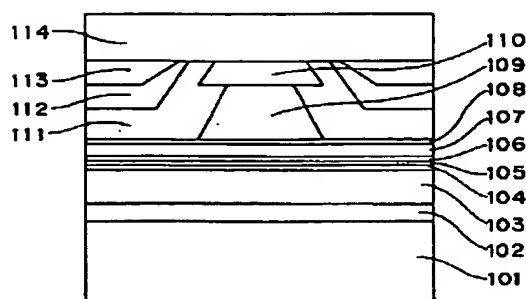
【図7】 図7(a)、(b)は、従来の半導体レーザ装置を示す図である。

【図8】 図8(a)、(b)は、従来の他の半導体レーザ装置を示す図である。

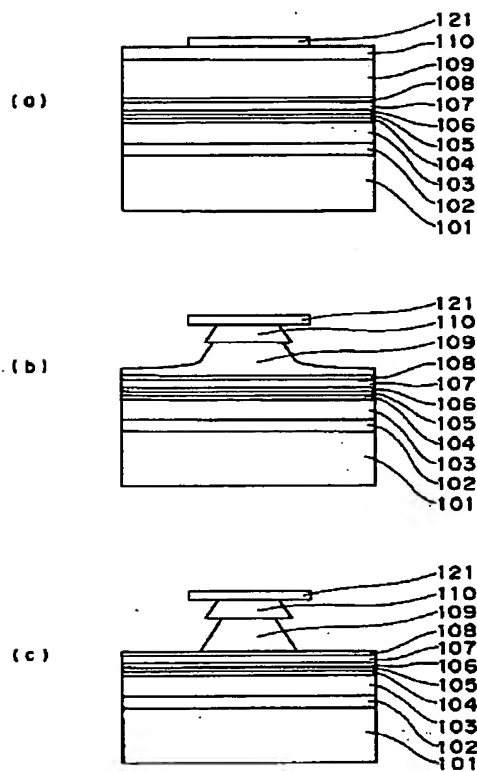
【符号の説明】

- 101 n-GaAs基板
- 102 n-GaAsバッファ層
- 103 n- $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 下部クラッド層
- 104 i- $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 下部光ガイド層
- 105 多重量子井戸活性層
- 106 i- $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 上部光ガイド層
- 107 p- $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 上部第1クラッド層
- 108 p-GaAsエッチングストップ層
- 109 p- $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 上部第2クラッド層
- 110 p-GaAsコンタクト層
- 111 n- $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{As}$ 第1電流ブロック層
- 112 n-GaAs第2電流ブロック層
- 113 p-GaAs埋め込み層

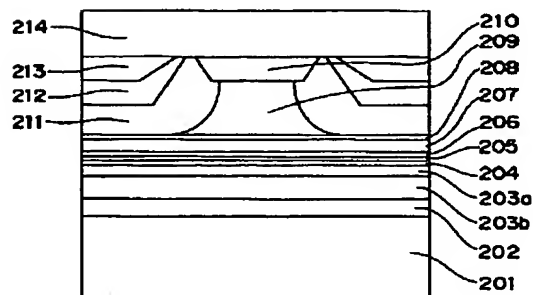
【图1】



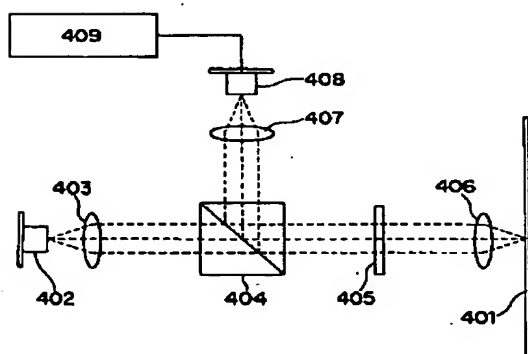
【図2】



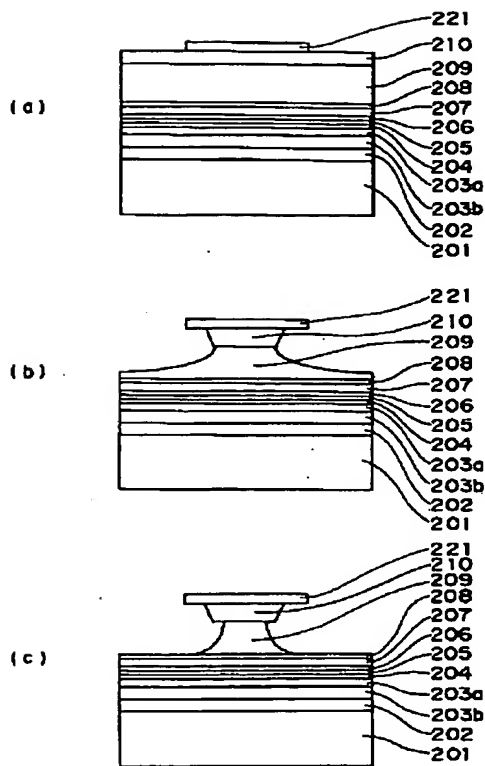
【図3】



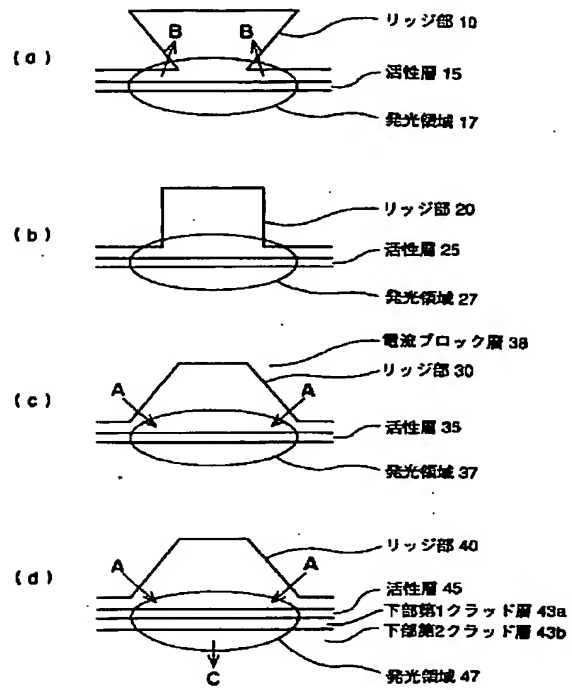
【图5】



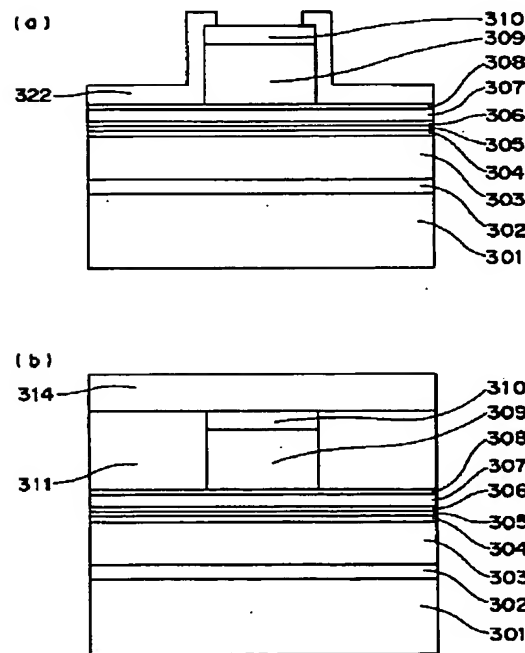
【図4】



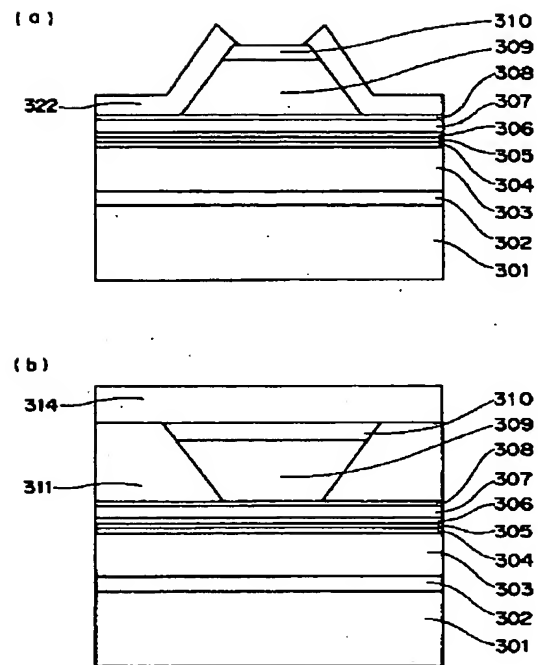
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5D119 AA33 BA01 BB01 BB05 FA05
FA17
5D789 AA33 BA01 BB01 BB05 FA05
FA17
5F073 AA13 AA45 AA53 AA74 BA05
CA13 CA17 DA05 DA23 DA35
EA24 EA28